

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 100 19 765 A 1

21 Aktenzeichen: 100 19 765.5  
22 Anmeldetag: 20. 4. 2000  
43 Offenlegungstag: 31. 10. 2001

51 Int. Cl. 7:  
F 16 K 31/02  
F 15 B 13/044  
F 02 M 47/00  
F 02 M 51/00  
// H01L 41/09

DE 100 19 765 A 1

71 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

72 Erfinder:  
Mattes, Patrick, Dr., 70569 Stuttgart, DE

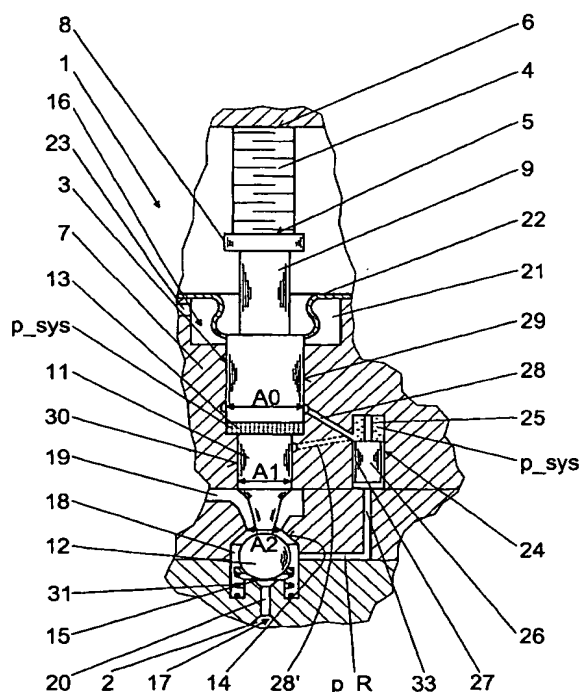
56 Entgegenhaltungen:  
EP 04 77 400 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Ventil zum Steuern von Flüssigkeiten

57 Die Erfindung betrifft ein Ventil zum Steuern von Flüssigkeiten mit einer Aktuator-Einheit (4) zur Betätigung eines axial verschiebbaren Ventilieds (3), welches einen ersten Kolben (9) und einen davon durch eine Hydraulikkammer (13) getrennten zweiten Kolben (11) aufweist, und das ein Ventilschließglied (12) betätigt, das einen Niederdruckbereich (16) mit Systemdruck von einem Hochdruckbereich (17) trennt. Zum Leckageausgleich ist eine mit dem Hochdruckbereich (17) verbindbare Befüllrichtung (24) mit einem Hohlraum (25) vorgesehen, in dem ein Drosselkörper (26) derart angeordnet ist, daß in den Hohlraum (25) einenends des Drosselkörpers (26) eine zu dem Hochdruckbereich (17) führende Leitung (33) mündet und anderenends eine zu der hydraulischen Übersetzung führende Systemdruck-Leitung (28) abzweigt. Durch geometrische Festlegung des Drosselkörpers (26), eines ihn umgebenden Spaltes (27) und der Abmessungen des Kolbens (9), entlang dem der Systemdruck zum Niederdruckbereich (16) hin abgebaut wird, wird der Systemdruck ( $p_{sys}$ ) in Abhängigkeit des vorliegenden Drucks ( $p_R$ ) im Hochdruckbereich (17) aufgebaut (Figur 1).



DE 100 19 765 A 1

[0001] Die Erfindung geht von einem Ventil zum Steuern von Flüssigkeiten gemäß der im Patentanspruch 1 näher definierten Art aus.

[0002] Ein derartiges Ventil ist beispielsweise in der EP 0 477 400 A1 beschrieben, wobei hier die Auslenkung eines piezoelektrischen Aktors über eine Hydraulikkammer übertragen wird, welche als hydraulische Übersetzung bzw. Toleranzausgleichselement arbeitet und zwischen zwei sie begrenzenden Kolben, von denen einer mit einem kleineren Durchmesser ausgebildet ist und mit einem anzusteuern den Ventilschließglied verbunden ist, und der andere Kolben mit einem größeren Durchmesser ausgebildet ist und mit dem piezoelektrischen Aktor verbunden ist, ein gemeinsames Ausgleichsvolumen einschließt. Somit macht der Betätigungskolben einen um das Übersetzungsverhältnis des Kolbendurchmessers vergrößerten Hub, wenn der größere Kolben durch den piezoelektrischen Aktor um eine bestimmte Wegstrecke bewegt wird.

[0003] Dieses bekannte Ventil ist zur Trennung eines Niederdruckbereichs von einem Hochdruckbereich vorgesehen und kann zum Beispiel bei Kraftstoffinjektoren, insbesondere Common-Rail-Injektoren, oder Pumpen von Kraftfahrzeugen eingesetzt werden, wo derartige Ventile in unterschiedlichen Ausführungen auch aus der Praxis bekannt sind.

[0004] Zur Funktionsfähigkeit eines solchen Ventils benötigt das hydraulische System im Niederdruckbereich, insbesondere im hydraulischen Koppler, einen Systemdruck, welcher jedoch leakagebedingt abfällt, wenn keine ausreichende Nachfüllung mit Hydraulikflüssigkeit stattfindet. Daher ist in der Regel eine Befüllvorrichtung vorgesehen, mit der Druckmittel aus dem Hochdruckbereich in den Systemdruckbereich nachgeführt werden kann.

[0005] Für Common-Rail-Injektoren sind aus der Praxis hierzu Lösungen bekannt, bei denen der Systemdruck, der zweckmäßig im Ventil selbst erzeugt wird und auch bei einem Systemstart möglichst konstant sein soll, durch Zuführung von Hydraulikflüssigkeit aus dem Hochdruckbereich des zu steuernden Kraftstoffs in den Niederdruckbereich, in welchem Systemdruck vorherrscht, mit Hilfe von Leckspalten sichergestellt wird, die zum Beispiel durch Leck- bzw. Befüllstifte dargestellt werden. Der Systemdruck wird üblicherweise durch ein Ventil eingestellt und kann zum Beispiel auch von mehreren Common-Rail-Ventilen konstant gehalten werden.

[0006] Ein Systemdruck in der Hydraulikkammer, welcher im wesentlichen konstant ist und zumindest weitgehend unabhängig von dem vorherrschenden Hochdruck im Hochdruckbereich ist, bereitet jedoch das Problem, daß bei hohen Druckwerten eine große Aktorkraft zur Öffnung des Ventilschließgliedes entgegen der Hochdruckrichtung erforderlich ist, was den Einsatz eines großen und entsprechend kostenintensiven Aktuators bedingt. Des weiteren ist bei hohem Druck im Hochdruckbereich die Verdrängung von Hydraulikvolumen aus der Hydraulikkammer über die die angrenzenden Kolben umgebenden Spalte entsprechend verstärkt, wodurch die Wiederbefüllzeit zum Aufbau und Halten des Systemdrucks auf der Niederdruckseite gegebenenfalls derart verlängert wird, daß mangels vollständiger Wiederbefüllung bei einer kurz darauf folgenden Betätigung des Ventils ein kürzerer Ventilhub ausgeführt wird, der das Öffnungsverhalten des gesamten Ventils unter Umständen negativ beeinflussen kann.

[0007] Das erfindungsgemäße Ventil zur Steuerung von Flüssigkeiten mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 hat den Vorteil, daß der Systemdruck auf konstruktiv einfache Weise in Abhängigkeit des in dem Hochdruckbereich vorherrschenden Druckes variierbar ist. Durch die hochdruckabhängige Wiederbefüllung ist bei hohem Druckniveau im Hochdruckbereich eine Erhöhung des Systemdrucks in der Hydraulikkammer möglich, wodurch der Betätigungskolben zur Öffnung des Ventilschließglieds entgegen dem anstehenden Hochdruck unterstützt wird. Vorteilhafterweise wird damit eine verringerte Anspannung der Aktuator-Einheit gegenüber einem Ventil mit konstantem Systemdruck erforderlich, weshalb das erfindungsgemäße Ventil mit einer kleineren und kostengünstigeren Aktuator-Einheit ausgestattet werden kann. Daneben ermöglicht das erfindungsgemäße Ventil eine definierte Befüllung des Niederdruckbereiches, insbesondere der Hydraulikkammer. Bei steigendem Druck im Hochdruckbereich kann dabei mit dem variablen Systemdruck die Wiederbefüllzeit verkürzt werden.

[0008] Konstruktiv zeichnet sich die erfindungsgemäße Lösung durch ihre einfache Art aus, die es erlaubt, den variablen Systemdruck in der Hydraulikkammer durch leicht einstellbare geometrische Größen wie Durchmesser und Längen des Drosselkörpers und des Kolbens, entlang dem der Systemdruck zum Niederdruckbereich hin abgebaut wird, zu definieren. Neben den niedrigen Kosten bei Herstellung und Montage ist vor allem die Robustheit der Systemdruckversorgung gegenüber Partikeln bzw. Schmutz in der Hydraulikflüssigkeit vorteilhaft, die auf die Ausgestaltung der Wiederbefüllvorrichtung mit einem quasi Nebenstrom zurückzuführen ist. Damit ist die sichere Bereitstellung des erforderlichen Systemdrucks im gesamten Motor-kennfeld gewährleistet.

[0009] In einer besonders vorteilhaften Ausführung kann vorgesehen sein, daß der wenigstens eine Drosselkörper in dem Hohlraum axial verstellbar angeordnet ist, wobei er vorzugsweise derart beweglich ist, daß er die Abzweigung der Systemdruck-Leitung bei Absinken des Systemdruckes wenigstens teilweise überschneidet. Damit verkürzt sich die zu durchströmende Länge des Spaltes um den Drosselkörper, was einen höheren Durchfluß und einen Anstieg des Systemdrucks zur Folge hat.

[0010] Das erfindungsgemäße Ventil ist besonders geeignet zur Ansteuerung von Kraftstoffeinspritzventilen, jedoch kann es prinzipiell auch bei allen hydraulisch übersetzten Systemen mit einem piezoelektrischen Aktuator oder einem Magnetsteller, wie zum Beispiel in Pumpen, verwirklicht werden.

[0011] Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen des Gegenstandes der Erfindung sind der Beschreibung, der Zeichnung und den Patentansprüchen entnehmbar.

## Zeichnung

[0012] Zwei Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Ventils zur Steuerung von Flüssigkeiten sind in der Zeichnung dargestellt und werden in der folgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen

[0013] Fig. 1 eine schematische, ausschnittsweise Darstellung eines ersten Ausführungsbeispiels der Erfindung bei einem Kraftstoffeinspritzventil im Längsschnitt, und

[0014] Fig. 2 eine schematische, ausschnittsweise Darstellung eines weiteren Ausführungsbeispiels der Erfindung im Längsschnitt, wobei hier ein Drosselkörper einer Befüllvorrichtung axial verschieblich gelagert ist.

## Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0015] Das in Fig. 1 dargestellte Ausführungsbeispiel zeigt eine Verwirklichung eines Ventils gemäß der Erfindung bei einem Kraftstoffeinspritzventil 1 für Brennkraftmaschinen von Kraftfahrzeugen. Dieses Kraftstoffeinspritzventil 1 ist vorliegend als ein Common-Rail-Injektor zur Einspritzung von vorzugsweise Dieseldieselkraftstoff ausgebildet, wobei die Kraftstoffeinspritzung über das Druckniveau in einem Ventilsteuerraum 2, welcher mit einer Hochdruckversorgung verbunden ist, gesteuert wird.

[0016] Über Kräfteverhältnisse in dem Kraftstoffeinspritzventil 1 wird ein Einspritzbeginn, eine Einspritzdauer und eine Einspritzmenge eingestellt. Hierzu wird ein Ventilglied 3 über eine als piezoelektrischer Aktor 4 ausgebildete Aktuator-Einheit angesteuert, welcher auf der dem Ventilsteuerraum 2 abgewandten Seite des Ventilgliedes 3 angeordnet ist und in an sich bekannter Weise aus mehreren Schichten aufgebaut ist. Auf seiner dem Ventilglied 2 zugewandten Seite weist der piezoelektrische Aktor 4 einen Aktorkopf 5 und auf seiner dem Ventilglied 3 abgewandten Seite einen Aktorfuß 6 auf, der sich an einer Wand eines Ventilkörpers 7 abstützt. An dem Aktorkopf 5 liegt über ein Auflager 8 ein erster Kolben 9 des Ventilglieds 3 an, welcher auch als Stellkolben bezeichnet wird. Das Ventilglied 3 umfaßt neben diesem ersten Kolben 9 einen ebenfalls in einer Längsbohrung 10 des Ventilkörpers 7 verschiebbar angeordneten zweiten Kolben 11, welcher ein Ventilschließglied 12 betätigt und daher auch als Betätigungskolben bezeichnet wird.

[0017] Die beiden Kolben 9 und 11 begrenzen eine Hydraulikkammer 13, welche als hydraulischer Koppler dient und die Auslenkung des piezoelektrischen Aktors 4 überträgt. Da der Durchmesser A1 des zweiten Kolbens 11 kleiner ist als der Durchmesser des ersten Kolbens 9, macht der zweite Kolben 11 einen um das Übersetzungsverhältnis des Kolbendurchmessers vergrößerten Hub, wenn der größere erste Kolben 9 durch den piezoelektrischen Aktor 4 um eine bestimmte Wegstrecke bewegt wird.

[0018] Neben ihrer Funktion als hydraulischer Koppler dient die Hydraulikkammer 13 auch zum Ausgleich von Toleranzen aufgrund von Temperaturgradienten im Bauteil oder unterschiedlichen Temperatúrausdehnungskoeffizienten der verwendeten Materialien sowie eventueller Setzeffekte, so daß diese ohne Auswirkung auf die Position des anzusteuernenden Ventilschließgliedes 12 bleiben.

[0019] An dem ventilsteuerraumseitigen Ende des Ventilgliedes 3 wirkt das kugelartige Ventilschließglied 12 mit an dem Ventilkörper 7 ausgebildeten Ventilsitzen 14, 15 zusammen und trennt dabei einen Niederdruckbereich 16 mit dem Systemdruck  $p_{\text{sys}}$  von einem Hochdruckbereich 17 mit einem Hochdruck bzw. Raildruck  $p_{\text{R}}$ . Die Ventilsitze 14, 15 sind in einem von dem Ventilkörper 7 gebildeten Ventilraum 18 ausgebildet, von dem ein Leckageablaufkanal 19 auf der dem piezoelektrischen Aktor 4 zugewandten Seite des Ventilsitzes 14 wegführt. Hochdruckseitig ist der Ventilraum 18 über den zweiten Ventilsitz 15 und eine Ablaufdrossel 20 mit dem Ventilsteuerraum 2 des Hochdruckbereiches 17 verbindbar. In diesem nicht näher dargestellten Ventilsteuerraum 2 kann in an sich bekannter Art und Weise ein bewegbarer Ventilsteuerkolben angeordnet sein, durch dessen axiale Bewegungen in dem Ventilsteuerraum 2, der in üblicher Weise mit einer Einspritzleitung verbunden ist, welche mit einem für mehrere Kraftstoffeinspritzventile gemeinsamen Hochdruckspeicherraum (Common-Rail) verbunden ist und eine Einspritzdüse mit Kraftstoff versorgt, das Einspritzverhalten des Kraftstoffeinspritzventils 1 gesteuert wird.

[0020] An das piezoseitige Ende der Bohrung 10 mit dem Ventilglied 3 schließt sich ein weiterer Ventildruckraum 21 an, der durch den Ventilkörper 7, den ersten Kolben 9 und ein mit dem ersten Kolben 9 sowie mit dem Ventilkörper 7 verbundenes Dichtelement 22 begrenzt ist. Aus diesem Ventildruckraum 21 führt eine Leckageleitung 23 ab. In der gezeigten Ausführung ist das Dichtelement 22 als faltenbalgartige Membran ausgebildet und verhindert, daß der Aktor 4 mit dem in dem Niederdruckbereich 16 enthaltenen Kraftstoff in Kontakt kommt.

[0021] Zum Ausgleich von Leckageverlusten des Niederdruckbereiches 16 bei einer Betätigung des Kraftstoffeinspritzventils 1 ist eine Befüllereinrichtung 24 vorgesehen. Diese weist einen kanalartigen Hohlraum 25 auf, in dem ein stiftartiger Drosselkörper 26 mit einem ihn umgebenden Spalt 27 angeordnet ist. In einen Bereich des Hohlraumes 25 an einem Ende des Drosselkörpers 26 mündet eine von dem Hochdruckbereich 17 herführende Leitung 33, und aus einem Bereich des Hohlraumes 25 an dem entgegengesetzten Ende des Drosselkörpers 26 zweigt eine Systemdruck-Leitung 28 ab, welche zu der Hydraulikkammer 13 führt. Die Systemdruck-Leitung 28 mündet in der gezeigten bevorzugten Ausführung in einen den ersten Kolben 9 umgebenden Spalt 29, über den der Systemdruck zu dem Ventildruckraum 21 und damit zu dem Niederdruckbereich 16 hin abgebaut wird.

[0022] Selbstverständlich kann in einer hiervon abweichenden Ausführung auch vorgesehen sein, daß die Systemdruck-Leitung 28 in einen den zweiten Kolben 11 umgebenden Spalt 30 mündet, wie dies in der Fig. 1 strichliert mit der Leitung 28' angedeutet ist, oder daß die Systemdruck-Leitung direkt in die Hydraulikkammer 13 mündet. Die indirekte Befüllung der Hydraulikkammer 13 dient jedoch einer Verbesserung des Druckhaltevermögens in der Hydraulikkammer während der Ansteuerung.

[0023] Die in Fig. 1 gezeigte Anordnung stellt somit eine Reihenschaltung von zwei getrennten Kolben dar, nämlich dem Drosselkörper 26 und dem ersten Kolben 9, über die der Hochdruck  $p_{\text{R}}$  zum Niederdruckbereich 16 hin abgebaut wird. Dabei wird der Hochdruck  $p_{\text{R}}$  über den Spalt 27 des im wesentlichen axial unbeweglich in dem Hohlraum 25 angeordneten Drosselkörpers 26 auf den Systemdruck  $p_{\text{sys}}$  reduziert. Das Druckteilverhältnis wird dabei durch das Verhältnis der Längen und Durchmesser des Drosselkörpers 26 und des nachgeschalteten Kolbens 9 eingestellt. Die Einstellung des Systemdruckes  $p_{\text{sys}}$  durch die getrennten kolbenartigen Bauteile erlaubt es, die Länge des Drosselkörpers sehr gering zu dimensionieren, da die zweite Hälfte des Druckteilers durch den Kolben 9 gebildet wird. Die kurzen Längen bzw. größeren Durchmesser erlauben eine höhere Qualität der Bauteile bei gleichzeitiger Reduzierung der Kosten bei der Herstellung und vor allem bei der Einstellung bzw. Montage.

[0024] Der Systemdruck  $p_{\text{sys}}$ , welcher nach einer Einspritzung nach einer gewissen Wiederbefüllzeit erreicht ist, und das Verhältnis der Durchmesser und Leckspaltenlängen an dem Drosselkörper 26 und dem Kolben 9 ist von mehreren Parametern abhängig, zu denen der Sitzdurchmesser A2 des ersten Ventilsitzes 14 und das Verhältnis des Durchmessers A0 des ersten Kolbens 9 zu dem Durchmesser A1 des zweiten Kolbens 11 zählen. In der gezeigten Ausführung, bei der das Ventilschließglied 12 bei Entlastung des Hochdruckbereiches 17 durch eine Federkraft  $F_{\text{F}}$  einer Feder 31, die zwischen dem Ventilschließglied 12 und dem zweiten Ventilsitz 15 angeordnet ist, in Schließstellung an dem ersten Ventilsitz 14 gehalten wird, ist die Federkraft  $F_{\text{F}}$  ein weiterer Parameter zur geometrischen Festlegung des Drosselkörpers 26 und des ersten Kolbens 9.

[0025] Dabei wird der Systemdruck  $p_{\text{sys}}$  so eingestellt, daß er stets kleiner ist als ein maximal zulässiger Systemdruck, der wiederum einem Druckniveau entspricht, bei dem eine selbsttätige Ventilöffnung ohne Betätigung der Aktuator-Einheit 4 eintritt.

[0026] In der Fig. 2 ist eine Ausführungsvariante zu dem in der Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel gezeigt, bei dem aus Gründen der Übersichtlichkeit funktionsgleiche Bauteile mit den in Fig. 1 verwendeten Bezugszeichen bezeichnet sind.

[0027] Gegenüber der Ausführung nach Fig. 1, bei welcher der Drosselkörper 26 in dem Hohlraum 25 der Befüll-einrichtung 24 im wesentlich axial unbeweglich angeordnet ist, ist der Drosselkörper 26 hier mittels einer Federeinrichtung 32 in dem Hohlraum 25 axial verschiebbar angeordnet. Dabei wird der Drosselkörper 26 in dem Hohlraum 25 durch die Federkraft der Federeinrichtung 32 bei Entlastung des Hochdruckbereiches 17 an einen hochdruckseitigen Anschlag 33 verschoben. Bei anliegendem Hochdruck  $p_R$  wird der Drosselkörper 26 entgegen der Federkraft der Federeinrichtung 32 und dem Systemdruck verschoben. Die Federkraft und die Dimensionierung des Drosselkörpers 26 sind dabei so ausgelegt, daß der Drosselkörper 26 mit seinem systemdruckseitigen Ende, welches eine Steuerkante 34 bildet, die Abzweigung der Systemdruck-Leitung 28 wenigstens teilweise überschneidet, wenn der Systemdruck  $p_{\text{sys}}$  unzulässig abfällt. Die Federeinrichtung 32 erlaubt damit eine selbsttätige Korrektur des Systemdruckes  $p_{\text{sys}}$  als Funktion der Leckage über die Kolben 9 und 11 infolge von Temperatur- und Lageeinflüssen. Sobald nämlich der Systemdruck  $p_{\text{sys}}$  sinkt, verkürzt sich durch die Überlap-pung der Steuerkante 34 mit der Abzweigung der System-druck-Leitung 28 die effektive Dichtlänge bzw. Leckspalt-länge entlang dem Drosselkörper 26, und die Leckagen werden ausgeglichen. Auf diese Weise kann der Systemdruck  $p_{\text{sys}}$  in der Hydraulikkammer konstant gehalten werden.

[0028] Neben der Funktion der Federeinrichtung 32, mit dem Drosselkörper 26 ein selbstregulierendes System zu bilden, das auf Druckänderungen, d. h. Druckverluste im Systemdruckbereich, reagieren kann, sorgt die axiale Be-weglichkeit des Drosselkörpers 26 in vorteilhafter Weise auch dafür, daß der Spalt 27 selbständig gereinigt wird und nicht durch im Kraftstoff enthaltene Schmutzpartikel zuge-setzt wird.

[0029] Bei beiden gezeigten Ausführungen ist die von dem Hochdruckbereich 17 abzweigende Leitung 33 der Be-füll-einrichtung 24 mit dem Ventilraum 18 verbunden, in dem das Ventilschließglied 12 zwischen den Ventilsitzen 14 und 15 bewegbar ist, und welcher auch in eine Hochdruck-leitung integriert sein kann.

[0030] Abweichend hiervon kann es selbstverständlich auch vorgesehen sein, daß die von dem Hochdruckbereich 17 abführende Leitung 33 mit einem Hochdruckzulauf von einer Hochdruckpumpe zu dem Ventilsteuerraum 2 oder mit anderen Bereichen im Hochdruckbereich 17, wie zum Bei-spiel mit dem Ventilsteuerraum oder der Ablaufdrossel 20 strömungsmäßig verbunden ist.

[0031] Das Kraftstoffeinspritzventil 1 nach Fig. 1 bzw. 2 arbeitet in nachfolgend beschriebener Weise.

[0032] Bei unbestromtem piezoelektrischen Aktor 4, d. h. geschlossenem Zustand des Kraftstoffeinspritzventils 1, wird das Ventilschließglied 12 an den ihm zugeordneten oberen Ventilsitz 14 durch den Hochdruck bzw. Raildruck  $p_R$  und die Feder 31 gepreßt.

[0033] Bei langsamer Betätigung, zum Beispiel infolge temperaturbedingter Längenänderungen des piezoelektri-schen Aktors 4 oder weiterer Ventilbauteile, dringt der erste Kolben 9 mit Temperaturerhöhung in die Hydraulikkammer

13 ein und zieht sich bei Temperaturabsenkung daraus zu-rück, ohne daß dies Auswirkungen auf die Schließ- und Öff-nungsstellung des Ventilschließglieds 12 und des Kraftstof-feinspritzventils 1 insgesamt hat.

[0034] Zur Öffnung des Ventils und damit zur Einsprit-zung durch das Kraftstoffeinspritzventil 1 wird der piezo-elektrische Aktor 4 mit Spannung beaufschlagt, so daß sich dieser schlagartig axial ausdehnt. Dabei stützt sich der pie-zoelektrische Aktor 4 an dem Ventilkörper 7 ab und baut ei-nen Öffnungsdruck in der Hydraulikkammer 13 auf. Wenn das Ventil 1 durch den Systemdruck  $p_{\text{sys}}$  in der Hydraulik-kammer 13 im Gleichgewicht ist, bewegt der zweite Kolben 11 das Ventilschließglied 12 aus seinem oberen Ventilsitz 14 in eine Mittelstellung zwischen den beiden Ventilsitzen 14, 15. Bei hohem Raildruck  $p_R$  ist zum Erreichen des Gleich-gewichtsdrucks piezoseitig eine größere Kraft erforderlich. Diese wird durch die Befüll-einrichtung 24 aufgebracht, in-dem bei hohem Raildruck  $p_R$  auch der Druck  $p_{\text{sys}}$  in der Hydraulikkammer 13 entsprechend erhöht wird. Auf diese Weise wird die piezoseitige Kraft auf das Ventilschließglied 12 bei gleicher Spannung auf den piezoelektrischen Aktor 4 erhöht, wobei sich die Krafterhöhung aus dem Systemdruck  $p_{\text{sys}}$  und dem Durchmesser  $A_1$  des zweiten Kolbens 11 er-gibt. Diese Krafterhöhung entspricht einer substantiell hö-heren Spannung, welche an dem piezoelektrischen Aktor angelegt werden müßte, so daß die gewonnene Kraftreserve zum Beispiel zur kleineren Dimensionierung des piezoelek-trischen Aktors genützt werden kann.

[0035] Sobald das Ventilschließglied 12 entgegen dem Raildruck  $p_R$  seinen unteren Ventilsitz 15 erreicht hat, wird die Bespannung des piezoelektrischen Aktors 4 unterbro-chen, woraufhin sich das Ventilglied 12 wieder in seine Mit-telstellung bewegt und abermals eine Kraftstoffeinspritzung erfolgt. Gleichzeitig findet über die Befüll-einrichtung 23 eine Wiederbefüllung der Hydraulikkammer 13 auf den Sys-temdruck  $p_{\text{sys}}$  statt.

[0036] Die beschriebenen Ausführungen beziehen sich je-weils auf ein sogenanntes Doppelsitzventil, jedoch ist die Erfindung selbstverständlich auch auf einachseltende Ventile mit nur einem Ventilsitz anwendbar.

#### Patentansprüche

1. Ventil zum Steuern von Flüssigkeiten mit einer Ak-tuator-Einheit (4), insbesondere mit einem piezoelek-trischen Aktuator, zur Betätigung eines in einem Ven-tilkörper (7) axial verschiebbaren Ventilglieds (3), dem ein Ventilschließglied (12) zugeordnet ist, welches mit wenigstens einem Ventilsitz (14, 15) zum Öffnen und Schließen des Ventils (1) zusammenwirkt und einen Niederdruckbereich (16) mit Systemdruck von einem Hochdruckbereich (17) trennt, wobei das Ventilglied (3) wenigstens einen ersten Kolben (9) und einen zwei-ten Kolben (11) aufweist, zwischen denen eine als hy-draulische Übersetzung arbeitende Hydraulikkammer (13) ausgebildet ist, wobei zum Ausgleich von Leck-verlusten eine mit dem Hochdruckbereich (17) ver-bindbare Befüll-einrichtung (24) vorgesehen ist, **da-durch gekennzeichnet**, daß die Befüll-einrichtung (24) mit wenigstens einem kanalartigen Hohlraum (25) aus-gebildet ist, in dem wenigstens ein Drosselkörper (26) derart angeordnet ist, daß in den Hohlraum (25) an ei-nem Ende des Drosselkörpers (26) eine zu dem Hoch-druckbereich (17) führende Leitung (33) mündet, und daß an dem entgegengesetzten Ende des Drosselkör-pers (26) eine zu der Hydraulikkammer (13) führende Systemdruck-Leitung (28) abzweigt, wobei sich ein Systemdruck ( $p_{\text{sys}}$ ) durch geometrische Festlegung

des als Vollkörper ausgebildeten Drosselkörpers (26), eines ihn umgebenden Spaltes (27) und der Abmessungen des Kolbens (9), entlang dem der Systemdruck  $p_{sys}$  zum Niederdruckbereich (16) hin abgebaut wird, in Abhängigkeit des vorliegenden Drucks ( $p_R$ ) im Hochdruckbereich (17) aufbaut.

2. Ventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der wenigstens eine Drosselkörper (26) in dem Hohlraum (25) axial verstellbar angeordnet ist.

3. Ventil nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Drosselkörper (26) in dem Hohlraum (25) derart axial beweglich angeordnet ist, daß der Drosselkörper (26) die Abzweigung der Systemdruck-Leitung (28) bei Absinken des Systemdruckes ( $p_{sys}$ ) wenigstens teilweise überschneidet.

4. Ventil nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Drosselkörper (26) zur selbsttätigen Korrektur des Systemdruckes ( $p_{sys}$ ) in dem Hohlraum (25) mittels einer auf der der Systemdruck-Leitung (28) zugewandten Seite des Drosselkörpers angeordneten Federeinrichtung (32) axial verschiebbar ist.

5. Ventil nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die geometrische Festlegung des Drosselkörpers (26) und/oder des Kolbens (9), entlang dem der Systemdruck ( $p_{sys}$ ) zum Niederdruckbereich (16) hin abgebaut wird, in Abhängigkeit wenigstens der Parameter Sitzdurchmesser (A2) und Verhältnis des Durchmessers (A0) des ersten Kolbens (9) zu dem Durchmesser (A1) des zweiten Kolbens (11) gewählt ist.

6. Ventil nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß eine Federkraft ( $F_F$ ) einer Feder (31), welche zwischen dem Ventilschließglied (12) und einem dem Hochdruckbereich (17) zugewandten zweiten Ventilsitz (15) angeordnet ist und das Ventilschließglied (12) bei Entlastung des Hochdruckbereiches (17) in Schließstellung an dem ersten Ventilsitz (14) hält, ein Parameter zur geometrischen Festlegung des wenigstens einen Drosselkörpers (26) und des Kolbens (9), entlang dem der Systemdruck ( $p_{sys}$ ) zu dem Niederdruckbereich (16) hin abgebaut wird, ist.

7. Ventil nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die geometrische Festlegung derart erfolgt, daß der Systemdruck ( $p_{sys}$ ) in der Hydraulikkammer (13) stets kleiner ist als ein maximal zulässiger Systemdruck, wobei der maximal zulässige Systemdruck der Hydraulikkammer (13) vorzugsweise einem Druck entspricht, bei dem eine selbsttätige Ventilöffnung ohne Betätigung der Aktuator-Einheit (4) eintritt.

8. Ventil nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der wenigstens eine Drosselkörper (26) als ein zylindrischer Stift ausgebildet ist, wobei jeweils der Durchmesser bezogen auf die jeweils umgebende Bohrung (27, 29) und die Länge des Drosselkörpers (26) und des Kolbens (9), entlang dem der Systemdruck ( $p_{sys}$ ) zu dem Niederdruckbereich (16) hin abgebaut wird, bei deren geometrischer Festlegung variiert werden.

9. Ventil nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die zu der Hydraulikkammer (13) führende Systemdruck-Leitung (28) in diese über einen an die Hydraulikkammer (13) angrenzenden, den ersten Kolben (9) umgebenden Spalt (29) und/oder den zweiten Kolben (11) umgebenden Spalt (30), vorzugsweise über den den ersten Kolben (9) umgebenden Spalt (29) führt.

10. Ventil nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch

gekennzeichnet, daß die Aktuator-Einheit als piezoelektrische Einheit (4) ausgebildet ist.

11. Ventil nach einem der Ansprüche 1 bis 10, gekennzeichnet durch seine Verwendung als Bestandteil eines Kraftstoffeinspritzventils für Brennkraftmaschinen, insbesondere eines Common-Rail-Injektors (1).

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

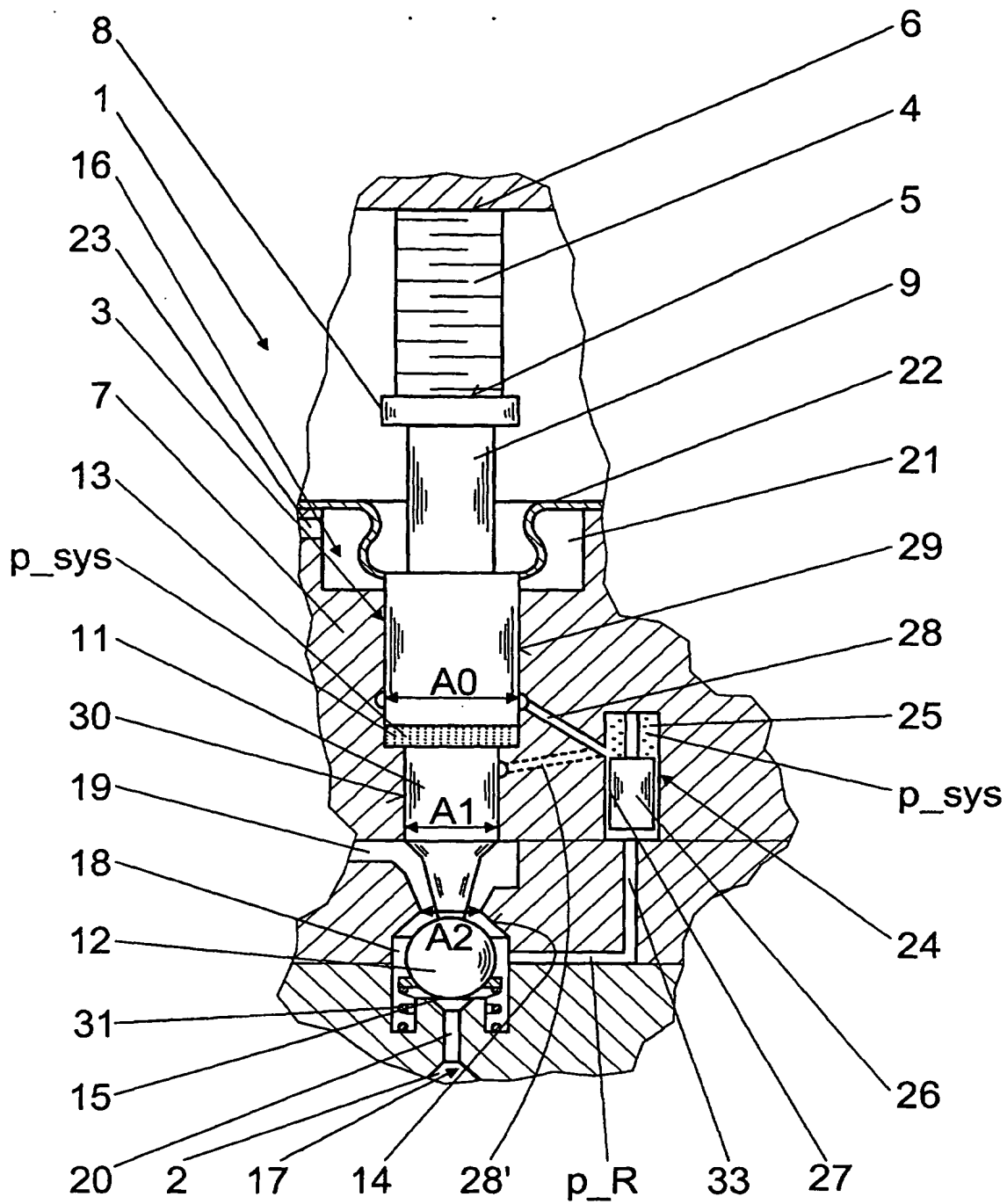


Fig. 1

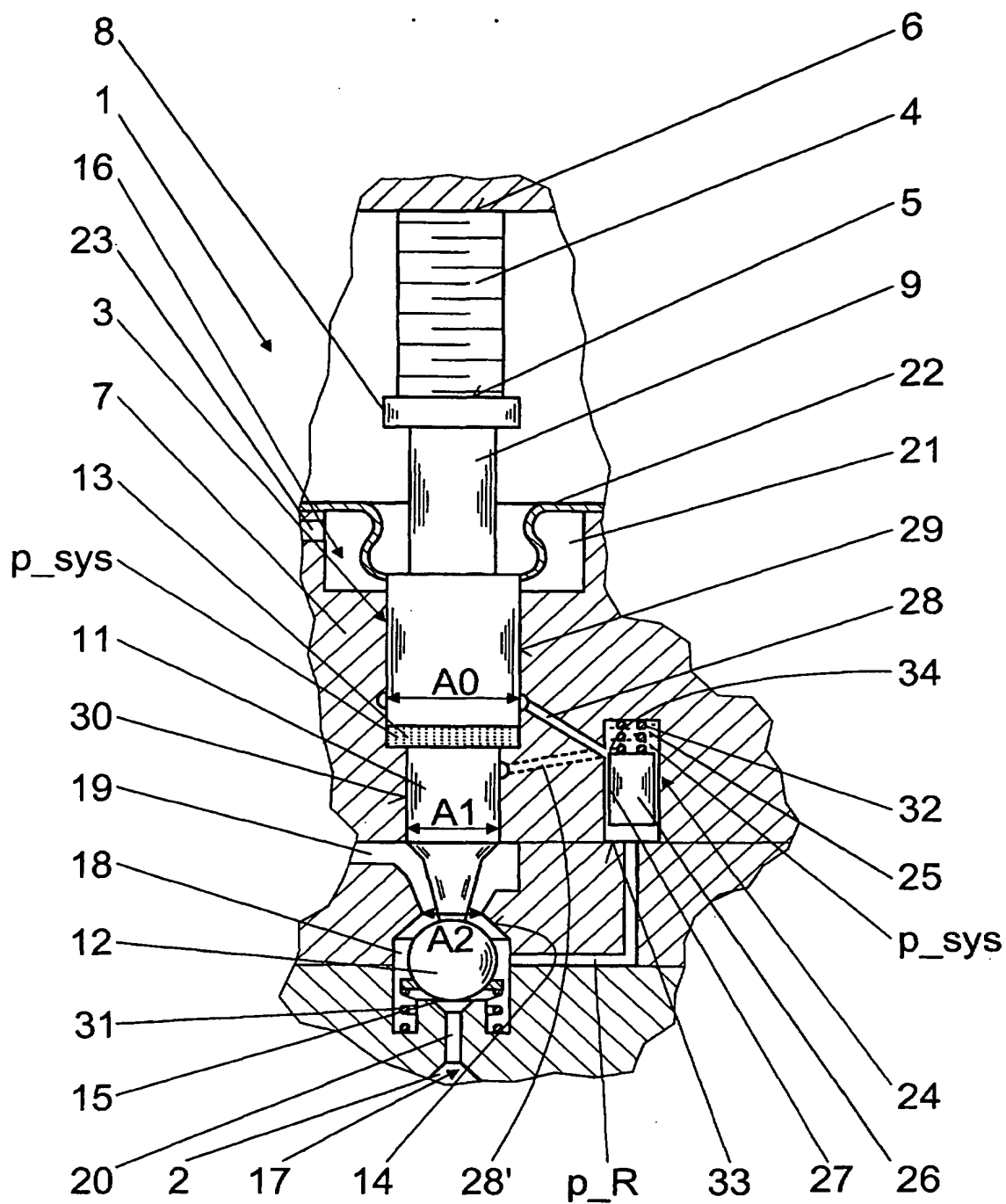


Fig. 2